

---

# Inhaltsverzeichnis

<b>Abbildungsverzeichnis</b> . . . . .	<b>v</b>
<b>Tabellenverzeichnis</b> . . . . .	<b>vii</b>
<b>Formelzeichen und Abkürzungsverzeichnis</b> . . . . .	<b>viii</b>
<b>1 Einleitung</b> . . . . .	<b>1</b>
<b>2 Stand der Technik und Forschung</b> . . . . .	<b>9</b>
2.1 Aufbau und Regelung von Vorschubantrieben in Werkzeugmaschinen . . . . .	9
2.2 Regelungstechnische Grundlagen . . . . .	15
2.2.1 Gemischtes Sensitivitäts- (S/KS/T-) Problem . . . . .	16
2.2.2 Modellunsicherheiten . . . . .	19
2.2.3 Singulärwertbetrachtung . . . . .	22
2.2.4 Robustheit und strukturierter Singulärwert . . . . .	26
2.3 Bestehende Regelungskonzepte von Produktionsanlagen . . . . .	29
2.3.1 Alternative Lageregler und Filter im Lageregelkreis . . . . .	29
2.3.2 Zusätzliche Regelkreise und modifizierte Bahninterpolation . . . . .	35
2.4 Fazit aus dem Stand der Forschung und Technik . . . . .	38
<b>3 Zielsetzung und Vorgehen</b> . . . . .	<b>41</b>
3.1 Zielsetzung . . . . .	41
3.2 Vorgehen . . . . .	43
<b>4 Herleitung anforderungsspezifischer Lageregler</b> . . . . .	<b>47</b>
4.1 Anforderungen an den Lageregelkreis von Werkzeugmaschinen . . . . .	47
4.2 $H_\infty$ -basierte Regelungen . . . . .	52
4.2.1 $H_\infty$ -Regelung . . . . .	52
4.2.2 $H_\infty$ Loop-shaping . . . . .	57
4.3 Modellprädiktive Regelung . . . . .	63
4.4 Genetischer Algorithmus zur optimalen Reglerparametrierung . . . . .	71

---

<b>5 Identifikation von Maschinenverhalten und Modellunsicherheiten</b> . . . . .	<b>79</b>
5.1 Identifikation der Übertragungsfunktion von Vorschubantrieben . . . . .	79
5.2 Bestimmung von Unsicherheitsmodellen . . . . .	85
5.3 Abschätzung prozessbedingter Störungen . . . . .	86
5.4 Anwendung an einer vierachsigen Werkzeugmaschine . . . . .	89
<b>6 Plattformunabhängige NC-Kernerweiterung</b> . . . . .	<b>97</b>
6.1 NC-Kernerweiterung am Beispiel Sinumerik 840D sl . . . . .	97
6.2 Automatische Quellcodegenerierung am Beispiel Matlab/Simulink . . . . .	99
6.3 Schnittstellendefinition für plattformunabhängige NC-Kernerweiterungen . . . . .	100
<b>7 Reglerauslegung und messtechnische Validierung</b> . . . . .	<b>103</b>
7.1 Auslegung anforderungsspezifischer Lageregler . . . . .	103
7.2 Führungsfrequenzverhalten . . . . .	107
7.2.1 Führungsfrequenzverhalten im Mittelpunkt des Arbeitsraums . . . . .	107
7.2.2 Führungsfrequenzverhalten entlang der X-Achse . . . . .	109
7.3 Lineare Werkzeugbahn . . . . .	113
7.4 Kreisförmige Werkzeugbahn . . . . .	116
7.5 Störungsfrequenzverhalten . . . . .	119
7.6 Zusammenfassung und Fazit der Validierung . . . . .	123
<b>8 Zusammenfassung, Fazit und Ausblick</b> . . . . .	<b>125</b>
<b>Literaturverzeichnis</b> . . . . .	<b>133</b>
Betreute Abschlussarbeiten . . . . .	141
<b>Förderhinweis</b> . . . . .	<b>143</b>